

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平11-510911

(43) 公表日 平成11年(1999) 9月21日

(51) Int.Cl.
G 0 1 R 33/09

識別記号

F I
G 0 1 R 33/06

R

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求(全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平10-501382
(86) (22) 出願日 平成9年(1997) 5月16日
(85) 翻訳文提出日 平成10年(1998) 2月12日
(86) 国際出願番号 P C T / I B 9 7 / 0 0 5 6 6
(87) 国際公開番号 W O 9 7 / 4 7 9 8 2
(87) 国際公開日 平成9年(1997) 12月18日
(31) 優先権主張番号 9 6 2 0 1 6 3 7 . 4
(32) 優先日 1996年6月12日
(33) 優先権主張国 ヨーロッパ特許庁 (E P)
(81) 指定国 E P (A T , B E , C H , D E ,
D K , E S , F I , F R , G B , G R , I E , I T , L
U , M C , N L , P T , S E) , C N , J P

(71) 出願人 フィリップス エレクトロニクス ネムロ
ーゼ フェンノートシャップ
オランダ国 5621 ベーアー アインドー
フェン フルーネヴァウツウェッハ 1
(72) 発明者 スケーブ コルネリス マリヌ
オランダ国 5656 アーアー アインドー
フェン プロフ ホルストラーン 6
(72) 発明者 フェイス マルチヌス アデラ マリア
オランダ国 5656 アーアー アインドー
フェン プロフ ホルストラーン 6
(74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外5名)

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗式磁界センサ

(57) 【要約】

狭窄部 (7) を介して相互連結された2つの磁性層 (1, 2) を有する磁気抵抗式磁界センサ。特定例では、狭窄部 (7) を形成するように磁性材料で充填された孔 (5) を有する中間の非金属層 (3) によって2つの磁性層 (1, 2) を互いに分離する。他の例では、磁性層 (1, 2) と狭窄部 (7) とをほぼ同一面とする (図8)。好適例では、狭窄部 (7) の幅 (w_c) を1ミクロンよりも狭くし、理想的には100nm程度とする。狭窄部の両端間の電気抵抗値を測定することにより、すなわち磁区内抵抗効果に対する磁区間抵抗効果の相対的役割を高め、これに対応させて磁気抵抗値の比を高める。更に、センサの電気特性は主として狭窄部 (7) から得られ、一方、その磁気特性は主として磁性層 (1, 2) から得られるため、センサの電気特性と磁気特性とを少なくとも大きな範囲に亘って独立して調整することができる。

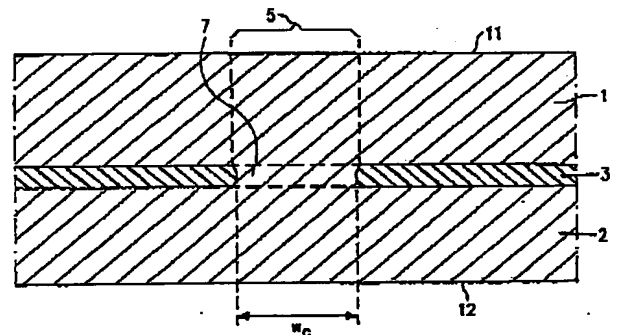


FIG. 1

【特許請求の範囲】

1. 磁気抵抗式磁界センサにおいて、この磁界センサが、狭窄部を介して相互連結された2つの磁性層を有していることを特徴とする磁界センサ。
2. 請求の範囲1に記載の磁界センサにおいて、狭窄部の幅 w_c が1ミクロンよりも狭いことを特徴とする磁界センサ。
3. 請求の範囲2に記載の磁界センサにおいて、 $w_c \leq 100 \text{ nm}$ であることを特徴とする磁界センサ。
4. 請求の範囲1～3のいずれか一項に記載の磁界センサにおいて、前記2つの磁性層が積層に配置され且つ中間の非金属層により互いに分離されており、非金属層は、前記狭窄部を形成するように磁性材料が充填された孔を有していることを特徴とする磁界センサ。
5. 請求の範囲4に記載の磁界センサにおいて、前記非金属層の材料をシリコン、シリコン酸化物、シリコン窒化物及びアルミニウム酸化物の群から選択したことを特徴とする磁界センサ。
6. 請求の範囲1～3のいずれか一項に記載の磁界センサにおいて、前記2つの磁性層と前記狭窄部とがほぼ同一面となっていることを特徴とする磁界センサ。
7. 請求の範囲1～6のいずれか一項に記載の磁界センサにおいて、前記磁性層及び前記狭窄部が単一の磁性材料を有していることを特徴とする磁界センサ。
8. 請求の範囲7に記載の磁界センサにおいて、前記磁性材料を、Fe, Co, Ni及びこれらの合金や、 Fe_3O_4 及びPtMnSbより成る群から選択したことを特徴とする磁界センサ。
9. 請求の範囲1～8のいずれか一項に記載の磁界センサにおいて、この磁界センサが、外部源からの磁束を磁性層の付近に集中させる作用をする少なくとも1つの磁束ガイドを有していることを特徴とする磁界センサ。

【発明の詳細な説明】

磁気抵抗式磁界センサ

本発明は磁気抵抗式磁界センサに関するものである。

このようなセンサはいわゆる磁気抵抗効果を採用するものであり、これにより、センサを磁界にさらすとセンサの電気抵抗が影響を受ける。センサがさらされている磁束変化をセンサの両端間の対応する電圧変化に変換し、これにより磁束を電氣的に“読出す”ようにすることができる。このような種類のセンサは特に、

- 磁気テープ、ディスク又はカードの形態の記録媒体から生じる磁束をデクリプトするのに用いることのできる磁気ヘッドとして、
- 地磁界を検出するコンパス中に、例えば陸上、航空、海上又は個人的なナビゲーションシステム中に、
- 医療上のスキャナにおける磁界センサとして用いることができる。

磁気抵抗効果は以下の文献で説明されている。

(a) I E E E Trans. Magnetics MAG-11 (1975) の第 1018～1038 頁 (T.R. McGuire 及び R.I. Potter 氏著)。この文献には異方性磁気抵抗効果が説明されており、これによると、強磁性材料の電気抵抗値はこの材料を流れる電流の方向に対する磁化の配向に依存する。

(b) Magn. Mater. 136 (1994) の第 335～359 頁 (B. Dieny, J. 氏著)。この文献にはいわゆるスピン・バルブ磁気抵抗効果が記載されており、これによると、一対の交換結合強磁性層の電気抵抗値はこれら 2 つの層における磁化の相対配向に依存する。

磁気抵抗体の電気抵抗値 R は、分かった電圧 V をこの磁気抵抗体の両端間に印加し、これにより誘起される電流 I を測定し、 I に対する V の比により R の値をもたらしことにより測定しうる。適切な磁界（切換磁界） H_s が存在しない場合の抵抗値 (R_0) とこの磁界が存在する場合の抵抗値 (R_s) との双方で、このようにして測定した抵抗値を用いて、式

$$MR = \frac{|R_0 - R_s|}{R_s}$$

による磁気抵抗比 (MR) を計算することができる。従来の磁気抵抗式センサの代表的なMR値は (室温で) 0.5～2%程度である。このような比較的低いMR値は一般に関連のセンサの感度を低下させる。

上述した切換磁界 H_s は、強磁性体中で磁化の反転を生ぜしめるのに必要な (最小) 印加磁界である。理想的な磁気抵抗式磁界センサでは、 H_s の値は実用的な限り小さくするのが好ましく、一方MR値はできるだけ大きくするのが好ましい。既知のセンサの問題は、一般に、これら2つの条件を同時に満足させることができず、折衷策を講じる必要があるということである。

本発明の目的は、(室温で且つ比較的小さい印加磁界に対し) 比較的大きな磁気抵抗比を得ることのできる磁気抵抗式磁界センサを提供せんとするにある。本発明の他の目的は、このようなセンサの電気特性及び磁気特性を独立して比較的大きな範囲に亘って調整しうるようにすることにある。特に、本発明の目的は、前記センサの切換磁界を比較的小さくするということである。

上述した目的及びその他の目的は本発明によれば、磁気抵抗式磁界センサが狭窄部を介して相互連結された2つの磁性層を有することを特徴とする当該磁気抵抗式磁界センサにより達成される。

本発明のセンサを、その電気抵抗値が狭窄部の両端間で (すなわち一方の磁性層から狭窄部を介して他方の磁性層に電流を流して) 測定されるように用いたとすると、センサの電気抵抗値はこの狭窄部のみから有効に取出される。従って、この狭窄部の容積はこの狭窄部が相互連結する磁性層の容積のほんの小部分にすぎない為、(磁性層から及びこれらに隣接する如何なる磁性材料からも取出される) センサの磁性特性を、(狭窄部から取出される) センサの電気特性から殆ど独立して調整することができる。特に、これにより、大きなMR値を犠牲にすることなく (例えば磁性層の構成、厚さ及び幾何学的形状を適切に選択することにより) 比較的低い H_s 値を実現させることができるようになる。

上述したのと同じ理由で、センサのMR値を減少させることなく、一方の磁性層と直接接触する磁束ガイドを得ることができる。これにより、センサの効率を

著し

く高めることができる。

センサの電気抵抗値は磁性層からよりはむしろ狭窄部から実質的に取出されるという事実により、著しく高めたMR値を得るようにすることもできる。この点を以下に説明する。

強磁性材料の電気抵抗値は磁区内寄与と磁区間寄与との双方から生じる。多くの分野では、磁区内寄与及びその磁界依存性が磁気信号を検出するのに利用される。磁区間寄与は磁区内寄与よりも著しく強い磁界依存性を有しうるも、通常の強磁性材料では、磁区間寄与は磁区内寄与により圧倒される為、得られるMR値は小さく保たれる。

本発明によるセンサでは、抵抗値の測定が比較的広い抵抗容積（磁性層の全体の容積）よりもむしろ著しく局所化した抵抗性容積（狭窄部）内に集中される。狭窄部は磁壁に対するピン止め(Pinning)中心として作用する為、用いる抵抗性容積に対する磁区の平均嵩密度が著しく増大する。これにより、磁区間抵抗値効果の相対的役割を狭窄部の幅 w_c に依存するある程度まで付随して増大させる。後の説明から明らかとなるように、 w_c の値を小さくすればするほど良好となる。

説明を明瞭とするために、量 w_c は磁性層の平面に対し平行に測定した狭窄部の最小寸法（幅）を意味するものとする。

本発明によるセンサの有利な例では、 $w_c < 1 \mu m$ とする。代表的な強磁性試料における平均磁区寸法Dは一般に $10 \mu m$ 程度である為、 $w_c \ll D$ であることが分かる。本発明者が確認した特定の例では、2つの磁性層と狭窄部とより成るシステムは1つの磁壁のみを有しており、この磁壁は、一般に最小の面積を有し従って最低のエネルギーを有する狭窄部中に位置する。 w_c が磁性層の材料中の電子の平均自由工程の長さよりも著しく大きいものとする、本発明者は

$$MR \approx \frac{r}{\rho w_c}$$

であることを確かめた。ここに、 r は磁区の界面抵抗値であり、 ρ は磁性層の材

料の固有抵抗値である。例えば鉄の場合、 $r \approx 3 \times 10^{-15} \Omega \text{m}^2$ 及び $\rho \approx 10 \mu \Omega \text{cm}$ (室温で) である為、 $MR \approx 30 / w_c$ (w_c は nm の単位) となる。従って、

- w_c が $1 \mu \text{m}$ の値を有する場合、MR は約 3 % となり、これは従来のセンサの動作特性に匹敵しうるようになり、
- w_c が $1 \mu \text{m}$ よりも小さい値を有する場合には、MR は従来のセンサにより得られる値を可なり超えるようになる (例えば、 $w_c = 250 \text{ nm}$ の場合 $MR \approx 12 \%$ となる)

こと明らかである。

本発明による所定のセンサにおける実際の磁区パターンは上記の単一の磁壁の例と異ならせることができるも、背景の原理は同じとなる。すなわち、磁性層における磁化を操作することにより狭窄部における磁性微細構造が可成り変化する。

本発明によるセンサの選択例では、 $w_c \leq 100 \text{ nm}$ とする。このような例では MR の値を可成り増大させる (Fe に対する前述した r 及び ρ の値を用いると 30 % 以上増大させる) ばかりではなく、センサの全体としての電気抵抗値を好ましい比較的大きな値 (室温で 1Ω 程度) にする。後に説明するように、 w_c を $10 \sim 50 \text{ nm}$ 程度にし、これにより MR 値を 50 ~ 60 % 程度又はそれ以上にする狭窄部を形成するのは比較的容易である。

本発明によるセンサの特定例では、前記 2 つの磁性層が積層に配置され且つ中間の非金属層により互いに分離されており、非金属層は、前記狭窄部を形成するように磁性材料が充填された孔を有しているようにする。このような孔はほぼ円形又は楕円形の横断面を有するようにし、例えば、ほぼ円柱状又は“砂時計形状” (すなわち孔がくびれ部を有し、このくびれ部が孔のそのほかの部分よりも比較的細くなっている) にすることができ、このような場合、 w_c はその最も細い箇所 (くびれ部) の直径である。

中間層に対して用いた言葉“非金属”とは広く解釈すべきである。一般に、この言葉は、金属の導電特性を有しないいかなる物質をも意味するものである。特

に、この言葉は固体材料を意味するだけでなく、液体、気体又は真空をも意図するものである。更にここで述べる言葉“層”とは（例えば $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{NiO}$ 二重層のような）非金属多重層構造を包含するものである。本発明によるセンサの特定例では、非金属材料を、シリコン、シリコン酸化物、シリコン窒化物、アルミニウム酸化物の群から選択する。このような誘電体材料の薄肉層には、選択

マスク及びエッチング技術を用いて、幅 w_c が $15 \sim 50 \text{ nm}$ 程度に狭くした良好に画成された局所的な孔をあけることができ、例えばMicroelectronic Engineering 11 (1990)の第22～30頁の論文（P.A.M. Holweg 氏等著）を参照しうる。或いはまた、後の実施例3には、非金属層に自然に生じる“ピンホール”を磁性材料によりいかに充填して本発明に必要とする磁性狭窄部を形成しうるかを開示してある。

上記の非金属層の厚さは $10 \sim 50 \text{ nm}$ 程度とするのが好ましいが、本発明では他の厚さも許容される。

本発明の他の例では、2つの磁性層と狭窄部とをほぼ同一面とする。このような構成のものは、例えば、選択マスク及びエッチング技術を用いて、絶縁基板上の磁性材料の均一層をエッチングして残りの材料（狭窄部）の幅狭橋絡部のみによって相互連結された2つの別々の部分を得るようにして製造することができる。

本発明のセンサでは、磁性層と磁性狭窄部とが単一の磁性材料を有するようにする。これは（例えばCo層とFe層とがCo狭窄部により分離されている場合のように）異なる材料間の界面における不所望な散乱現象を防止するためのものである。この散乱現象は電気抵抗値に対する相対的な磁区間寄与を減少させる。センサに用いる単一の磁性材料の適切な例には、Fe, Co, Ni及びこれらの合金（例えばパーマロイ又は $0 < x, y < 1$ とした $(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_y\text{Co}_{1-y}$ ）や、 Fe_3O_4 （磁鉄鉱）及びPtMnSbが含まれる。

本発明によるセンサは、所望に応じ、磁性層及び狭窄部中に既にある材料以外の追加の磁性材料を有するようにでき、例えば軟磁性材料の層を少なくとも一方の磁性層に積層させてセンサの H_g 値を減少させるか或いは交換バイアス層を一

方の磁性層に積層させてこの磁性層の磁化を特定の方向に“ピン止め”させるようにすることができる。更に、少なくとも一方の磁性層を所望に応じ所定の幾何学的形状に構成する、例えば、一方の磁性層をディスク形状（円形又は楕円形）にし、その形状異方性がほぼ零となり、これにより H_S を低くするようにすることができる。

所望に応じ（又は特定の製造処理の結果に応じ）磁性層間に複数個の接続用の磁性狭窄部を設けることができる。しかし、（並列回路構成で）このような複数

の狭窄部が存在すると、センサの電気抵抗値を減少させる。

磁性層の厚さ t_m は w_c よりも著しく厚肉にするのが好ましい。その理由は、狭窄部の抵抗値 R_c は関係 $R_c \propto \rho / w_c$ により与えられ、磁性層のシート抵抗 R_{\square} は関係 $R_{\square} \propto \rho / t_m$ で与えられる為である。ここで、 ρ は磁性層（及び狭窄部）の材料の電気抵抗率である。従って、 R_c を優先させるならば t_m を w_c よりも著しく大きくする必要がある。双方の磁性層を必ずしも同じ厚さ t_m にする必要はないことに注意すべきである。

本発明によるセンサの特定例では、このセンサが、磁束を外部源から磁性層付近に集中させる作用をする少なくとも1つの磁束ガイドを有するようにする。前述したように、このような磁束ガイドは一方の磁性層と実際に接触させることができる。

本発明によるセンサは国際特許出願公開WO 95/26547号に記載されたセンサとは種々の特徴事項で相違していることに注意すべきである。これらの特徴事項には以下のことが含まれる。

- WO 95/26547の構造は常に積層構造であり、本発明の場合のように同一面の例はない。
- WO 95/26547の接続路は磁性層と非磁性層とを交互に配置した多層構造を有する。これに対し、本発明の構成は磁性材料のみを有する、すなわち多層構造や非磁性材料は存在しない。
- 本発明の構成の両側の層は磁性層とする必要がある。これに対し、WO 95/26547では、接続路の両側の層は金属層のみとする必要がある。

本発明及びその利点を以下に図面を参照して実施例につき説明するに、図中、
図1は、積層構造を用いた本発明による磁気抵抗式磁界センサの一実施例の一部を示す断面図であり、

図2は、交換バイアス層を設けた後の図1の装置を零磁界中で示しており、

図3は、切換磁界を加えた状態の図2の装置を示しており、

図4は、図1に示す装置を製造する場合の第1の製造工程を示しており、

図5は、図4の装置を、第2の製造工程（エッチング処理）を実施した後の状態を示しており、

図6は、図5の装置を、第3の製造工程（電着）を実施した後の状態を示しており、

図7は、磁束ガイド及び電気接続体を設けた本発明によるセンサの特定の実施例を示す斜視図であり、

図8は、本発明によるセンサのコプレーナ（同一面）構成例を示す斜視図である。

各図間に対応する部分には同一符号を付してある。

実施例1

図1は、本発明による磁気抵抗式磁界センサの一部を示す断面図である。このセンサは中間の非金属層3により分離された2つの磁性層1, 2を有する。非金属層3は、幅（最小直径） w_c の（ほぼ円形の）孔5を有しており、この孔が磁性材料で充填されている。この磁性材料は層1及び2を構成する磁性材料と同じである。このようにして2つの層1, 2間に磁性接続狭窄部7が形成される。

特定例では、層1, 2の各々の厚さを600nmとし、層3の厚さを40nmとし、幅 w_c を約60nmとする。磁性層1, 2及び狭窄部7の材料はFeとし、中間層3はSiO₂を以って構成する。このようなセンサは室温で、50%のMR値、40kA/mの H_s 値及び2Ωの狭窄部の両端間の電気抵抗値を呈する。センサの電気抵抗値は、磁性層1, 2のそれぞれの面11, 12上に設けた電極（図示せず）間の抵抗値を測定することにより決定するのが好ましい。

実施例2

図2及び3は、本発明によるセンサの特定例の一部を示す断面図であり、センサの動作の種々の特性を示している。このセンサは、磁性層2と接触させて交換バイアス層9を設けることを除いて図1に示すセンサと同じである。この特定例では、層9が $\text{Fe}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}$ を有し、磁性層1、2及び狭窄部7がパーマロイを有する。狭窄部7の幅 w_c は50nmである。図面を明瞭とするために、磁性層に斜線を付さなかった。

図2は零磁界における状態を示す。この場合、磁性層1、2は強磁性的に結合されており、従ってこれら磁性層の磁化 M_1, M_2 は互いに平行である。磁壁は存在しない。これがセンサの低抵抗状態である。

図3では、磁界 H_s を磁化 M_2 に対し逆平行に加えて磁化 M_1 の方向を反転させている。磁化 M_2 の方向は層2及び9間の交換バイアスのために変化しない。1つの（横方向の）磁壁13が狭窄部7内に形成される。これがセンサの高抵抗状態である。

交換バイアス層9を使用する代わりに、層2を層1よりも薄肉にすることにより層2の磁化 M_2 を（相対的に）ピン止め(pinning)することができる。他の変形例には、

- 層2を硬質磁性材料体に直接接触させて堆積したり、
- 例えば層2を細長形態にエッチングすることによりこの層2の形状異方性を高めるようにこの層を構成することが含まれる。

この特定例では、磁性層1、2が零磁界内で強磁性的に結合されている。変形例では、層1、2を零磁界内で反強磁性的に結合させ、磁化 M_1, M_2 の一方に対し平行に磁界 H_s を与えることによりこれら磁化 M_1, M_2 を強制的に互いに平行な状態にすることができる。

実施例3

図4～6は、図1に示すようなセンサを形成することのできる製造処理の種々の特性を示す。

図4では、基板S（例えばガラス）に磁性層2（例えばパーマロイ： $\text{Ni}_{0.8}$

Fe_{0.2}) を設ける。次にこの層2に非磁性材料 (例えばAl₂O₃) の層3を被覆する。この特定例では、層2の厚さを約300 nmとし、層3の厚さを約10 nmとする。

層2及び3は例えばスパッタリング堆積又は蒸着のような技術を用いて設けることができ、この場合層2は真空中で堆積し、層3は酸素雰囲気中で堆積する。

特に層2及び3間の界面には種々の結晶欠陥がある為に、層3は当然散在した位置で小さな“ピンホール”5を有する。通常の薄膜分野では、このようなピンホールが厄介なものであり、一般にこれらピンホールをできるだけ減少させるようにする努力が払われている。しかし、本発明では、ピンホール5の発生を実際に利用する。ピンホールは一般に2～5 nm程度の幅を有する為、このようなピンホールは請求の範囲1に記載したような磁性構造を成長させる理想的な出発構造として作用しうる。

図5は、図4の装置を電界浴 (例えばパーマロイ層2の場合NiSO₄・6H₂O (15 g/l) とFeSO₄・7H₂O (2.25 g/l) とH₃BO₃ (6.77 g/l) との混合液) 内に浸した後の状態を示す。正電圧を磁性層2に印加することにより、層2の一部が溶解され、ピンホール5の下側に小さな空所5' が形成される。

図5の装置を同じ電界浴内に入れ、層2に負電圧を印加すると、図6に示すように、磁性材料 (パーマロイ) の電着がピンホール5及び空所5' 内で行なわれ、磁性材料の“球状物”1' をピンホール5の頂部上に成長させる。

この球状体1' は請求の範囲1で言う磁性層とみなすことができる。しかし、所望に応じ、層3及び球状体1' の頂部上に磁性材料 (パーマロイ) を無電界堆積し、任意ではあるがこれに続いて前述した電界浴からの電着を行なうことにより球状体1' を幅広にすることができる。

実施例4

図7は、本発明による磁気抵抗式磁気読取ヘッド (磁界センサ) の一部を示す線図的斜視図である。このヘッドは実施例1, 2又は3に記載したような磁性/非磁性/磁性の3層体1, 3, 2を有し、この3層体に電気接続体75が設けら

れている。このヘッドは更に、3層体1, 3, 2に対し磁気回路を形成するように配置された磁束ガイド77, 77'を有する。端面79, 79'はヘッドの磁極面の一部を形成し、磁気ギャップ80がこれら端面79, 79'間に位置している。

磁気テープ、ディスク又はカードのような磁気媒体が端面79, 79'の前をこれらに近接して通過すると、この媒体上に磁気的に蓄積された情報が前述した磁気回路に変化磁束を発生させ、この磁束が3層体1, 3, 2をも流れる。この3層体1, 3, 2がこの変化磁束を電気抵抗変化に変換し、この電気抵抗変化を電気接続体75を介して測定しうる。

ヘッドには電気コイルを設けることもでき、この電気コイルを、磁気媒体上に磁気情報を記録するのに用いることができる。

実施例5

図8は本発明によるセンサの特定実施例の一部を示す斜視図であり、この場合磁性層1, 2及び狭窄部7が同一面となっている。

電気絶縁性基板S（例えばSi）には磁性材料（例えばCo）より成る均一層Lが設けられている。この層Lの厚さ t_m は例えば100nm程度とする。当該技術分野で周知の選択マスク及びエッチング技術を用いて、層Lから（基板Sに至るまで）一对の溝3'をエッチング形成し、これら溝3'により画成された幅狭の狭窄部7により互いに連結された2つの磁性層1, 2を生じるようにする。この狭窄部7の幅は w_c とする。

好適実施例では、狭窄部7の層厚は t_m よりも薄くする。この点は例えば、基板Sに向かう方向で狭窄部7を部分的にエッチング除去することにより達成することができる。

【図 1】

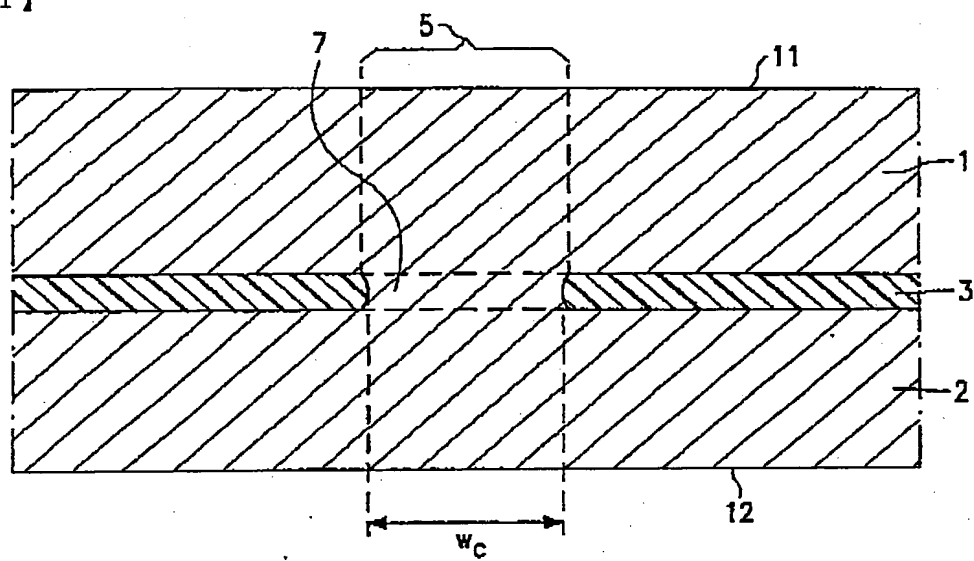


FIG. 1

【図2】

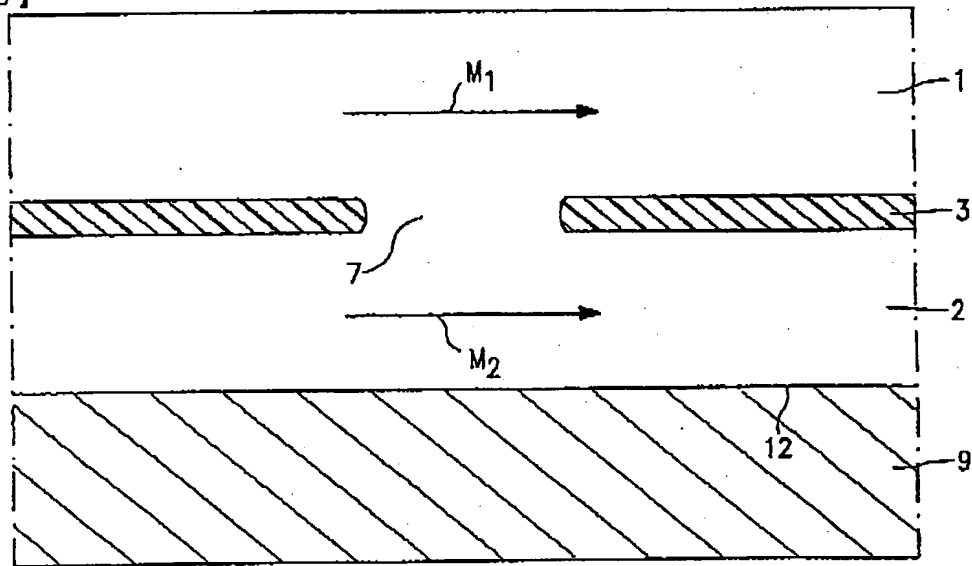


FIG. 2

【図3】

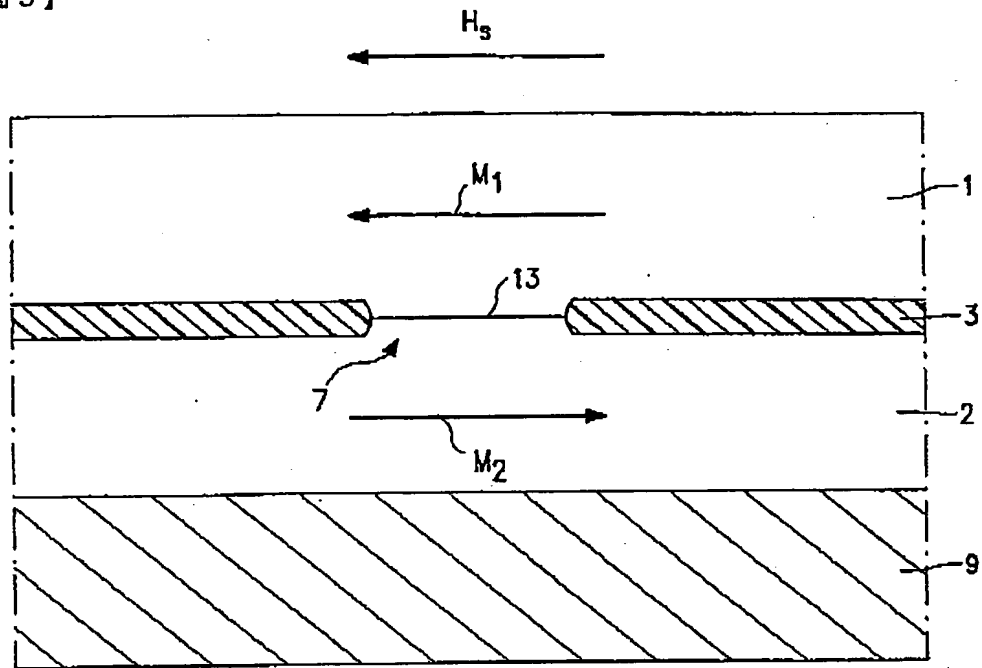


FIG. 3

【図4】

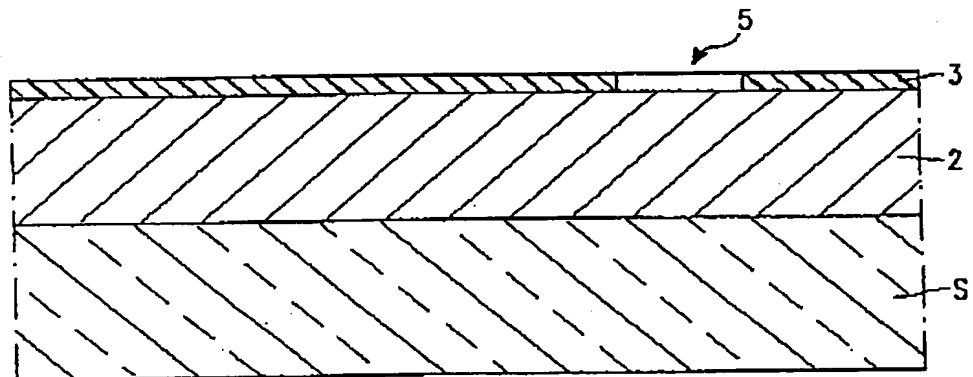


FIG. 4

【 図 5 】

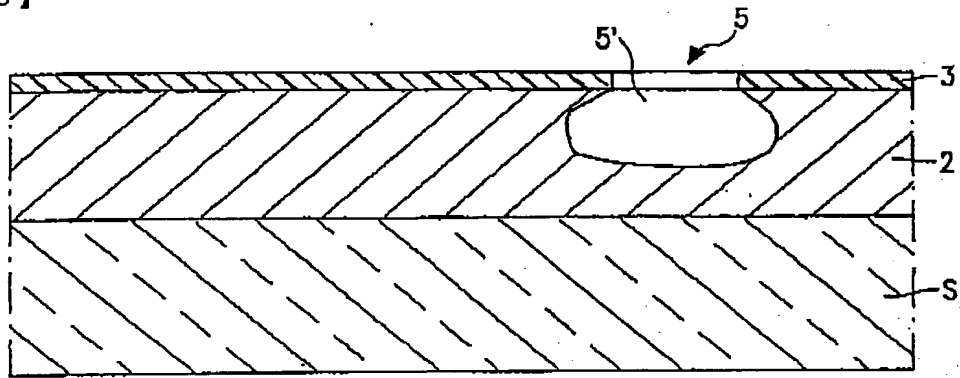


FIG. 5

【 図 6 】

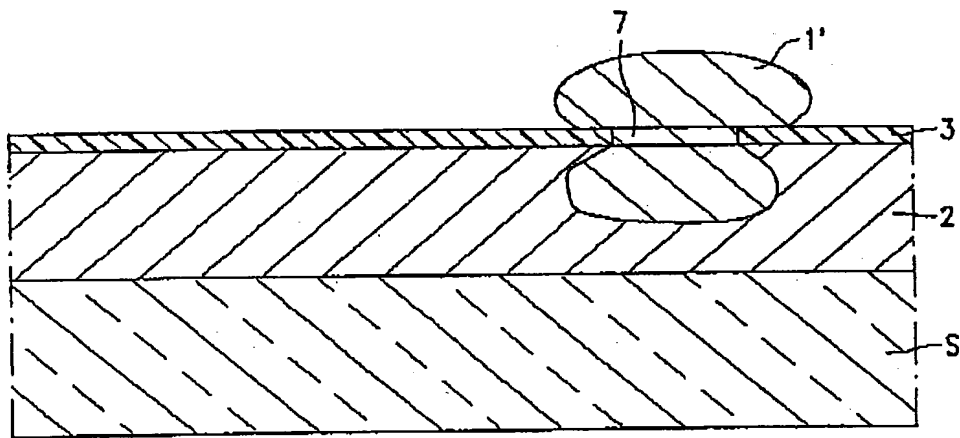


FIG. 6

【図7】

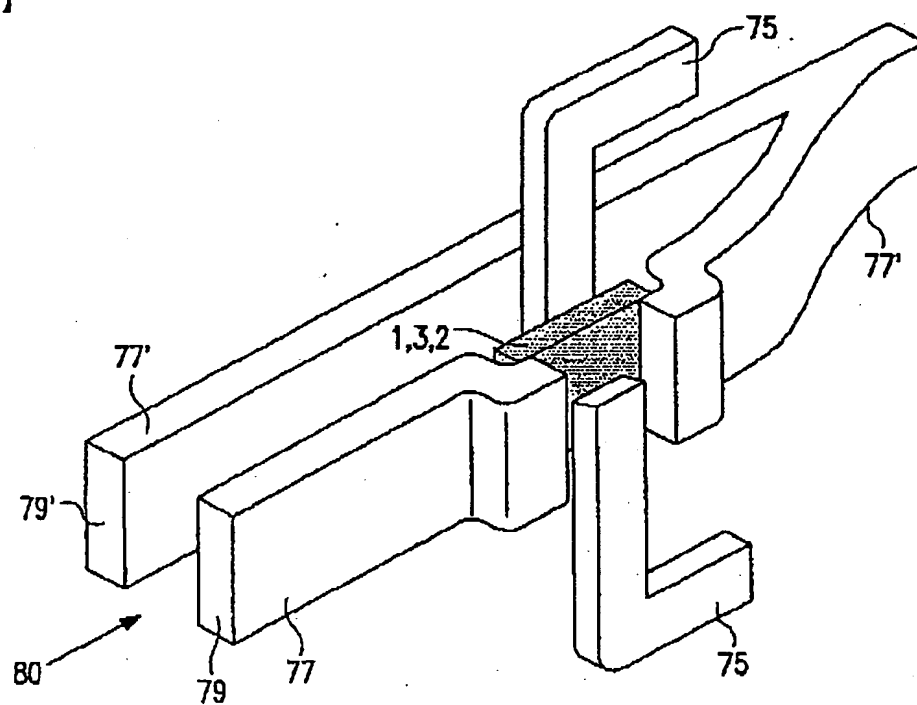


FIG. 7

【図8】

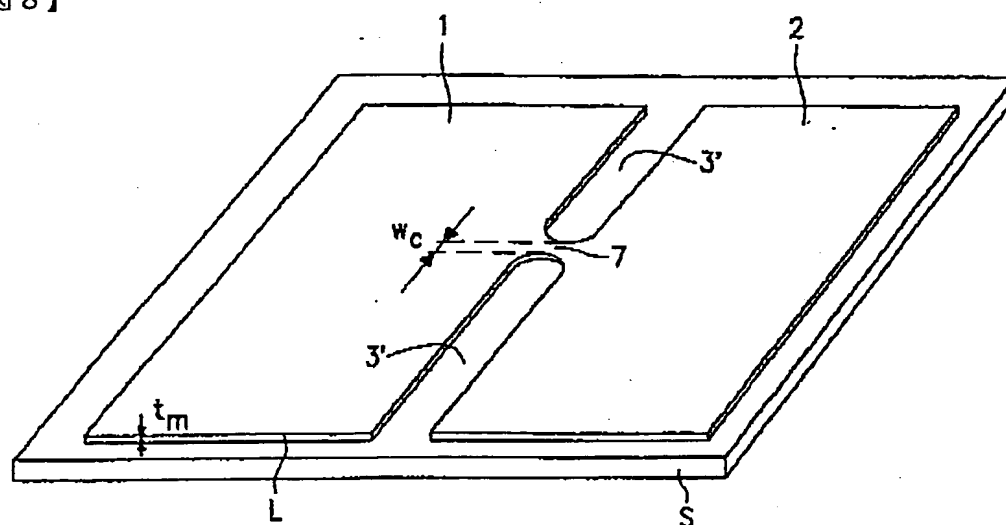


FIG. 8

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB 97/00566

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC6: G01R 33/09, G11B 5/39

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC6: G01R, G11B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

SE,DK,FI,NO classes as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 4027226 A1 (FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH), 14 August 1991 (14.08.91), figures 1-5, abstract	1
A	WO 9607926 A1 (PHILIPS ELECTRONICS N.V. ET AL.), 14 March 1996 (14.03.96), figures 1,10, abstract	1
A	WO 9510123 A1 (PHILIPS ELECTRONICS N.V. ET AL.), 13 April 1995 (13.04.95), figures 1-5, abstract	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"P" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"E" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 December 1997

Date of mailing of the international search report

22.12.97

Name and mailing address of the ISA/
Swedish Patent Office
Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM
Facsimile No. +46 8 666 02 86

Authorized officer

Lars Jakobsson
Telephone No. +46 8 762 25 00

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

02/12/97

International application No.

PCT/IB 97/00566

Patent document cited in search report			Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE	4027226	A1	14/08/91	EP	0442407 A	21/08/91
				JP	4321913 A	11/11/92
WO	9607926	A1	14/03/96	EP	0725936 A	14/08/96
				JP	9505177 T	20/05/97
				US	5600297 A	04/02/97
WO	9510123	A1	13/04/95	EP	0672303 A,B	20/09/95
				JP	8504303 T	07/05/96